

釧路湿原達古武沼隣接湿地帯における 栄養塩の発生源と負荷特性の解明*

三 上 英 敏**・五十嵐 聖 貴**

キーワード ①釧路湿原 ②達古武沼 ③湿地帯 ④リン ⑤窒素安定同位体

要 旨

われわれは釧路湿原達古武沼の自然再生のため、栄養塩負荷源の一つと考えられていた農場に隣接している沼南部の湿地帯の踏査を実施した。その結果、人為由来の窒素は脱窒によって浄化されていると推察されたものの、リンは沼近くの湿地涵養水でも高濃度に観測され、湿地経由でリンが沼へ輸送されていると推察された。リンが10mg/L程度と極端に高濃度を示す湿地涵養水を有するエリアがこの湿地帯には存在しており、そこが発生源と考えられた。また、湿地涵養水のリン濃度が高い地点は、土壤の窒素安定同位体比も高かったことから、過去に埋め立てられた家畜排泄物からリンが溶出して沼へ負荷され、沼の富栄養化の一要因となっていると考えられた。

1. はじめに

釧路湿原は日本最大の湿原であり、面積約190 km²を有している。1980年にラムサール条約の湿地に登録され、1987年には国立公園に指定された。釧路湿原は釧路川下流部に形成されており、とくに釧路川右岸側に流入してくる支流群のまわりを含めて広く形成されている¹⁾。

その釧路湿原東部の釧路川本流の程近くに、塘路湖、シラルトロ湖、達古武沼の釧路湿原湖沼群が存在している。これらの湖沼ではかつて水生植物が多様多様に繁茂していたが、近年、その多様性が損なわれ、貴重な水生植物種の生育も危ぶまれている。このような状況の下、環境省を中心に

釧路湿原自然再生事業の一部として、これら釧路湿原湖沼群の自然再生についての研究等が開始された。

釧路湿原湖沼のうち、達古武沼は湖面積1.33 km²、最大水深1.8m、平均水深1.0m、集水域面積(沼面積込)25.12km²の小さくて浅い湖沼である²⁾。もっとも大きな流入河川は、沼の東側に流入する達古武川である。流出は沼西部の達古武川であり1 kmほどで釧路川本流に連結する。この達古武川と釧路川との合流点の水位と達古武沼の水位の差はそれほど大きくないため、釧路川流域に大きな降雨があつて釧路川本流の水位が上昇したときは、濁った釧路川河川水が達古武沼へ逆流

* Elucidation of Source and Load Characteristic of the Nutrients in Adjacent Wetland to Lake Takkobu-numa in Kushiro Mire

** Hidetoshi MIKAMI, Seiki IGARASHI ((地独)北海道立総合研究機構環境・地質研究本部環境科学研究センター) Hokkaido Research Organization Environmental and Geological Research Department Institute of Environmental Sciences

侵入する³⁾。

この地域の気象状況は、年平均気温5～6℃程度、年降水量1,000mm程度であり、とくに夏季は冷涼で秋から冬季にかけて晴天が多く降雪が少ない特徴がある。そのため、周囲の農業形態は酪農業が主体であり、達古武沼の流域には2003年度調査で乳牛約200頭、肉牛約2,200頭、豚約4,900頭が飼育されており、達古武沼の水質環境に多かれ少なかれ影響を及ぼしていると考えられている²⁾。

この達古武沼も1990年代から環境が急速に悪化し、アオコが大発生するようになり、透明度の低下によって水生植物群落が衰退していった⁴⁾。さらに、これまで沿岸地域にしか繁茂していなかったヒシが2000年代に入ると勢力を徐々に拡大し、2000年代後半くらいには沼のほとんどをヒシが覆う状況になった。このヒシが湖面を覆う状況下では、水中の栄養塩類をヒシが吸収し成長するため、水質的には透明度が改善し栄養塩濃度が低下しているが、ヒシの繁茂と枯死が繰り返されるため、湖底の有機化が進行し、深層部の貧酸素化と栄養塩の回帰、ヒシの繁茂の悪循環を繰り返し、このまま進行すれば、水生植物の種の多様性が保たれていたかつての湖沼に復元できなくなると懸念されているため、自然再生に向かいこれまでさまざまな研究と対策が検討されてきた⁵⁾。

達古武沼の環境を変えてしまった主たる要因は、過度な栄養塩類の供給による富栄養化であり、その供給源として、これまでの調査研究結果から、流域からの自然由来および農地由来の栄養塩負荷、釧路川出水時の釧路川河川水の逆水による負荷等が考えられた。とくに達古武沼の最大流入河川達古武川では、人為的影響のない上流域においてもそこに形成されている湿地帯からのリン負荷量が多いことが解明された。それは、高濃度リンを含む湧水が多く存在し、それによって涵養された達古武川上流部河岸湿地帯を經由してリンが河川へ流出している事実である。さらに、湿地帯では還元環境によって鉄とともにリンが土壌から溶出するが、腐植物質の存在とキレート作用によってその還元環境で溶出した鉄の空気接触後の酸化再不溶化が抑制されるため、水酸化鉄の生成によるリンの共沈作用が軽減されてしまい、よ

り一層、水系ヘリンが溶解されやすい特性が存在し、リンの負荷量を大きくしているシステムが存在していると考えられた⁶⁾。すなわち、達古武沼流域では、すでに背景として自然由来のリン負荷量が多い環境があることがわかった。

以上のような環境下で、人為的な農業開発によりその人為由来の栄養塩が付加され、瞬く間に達古武沼の富栄養化が進行して環境が改変したと考えられた。窒素制限下での人為的な新たな窒素供給は植物プランクトンの異常繁殖を促し、また、人為由来のリンの負荷増大は窒素固定可能なアオコの大発生を促進させ^{7,8)}、湖水の透明度を低下させて、水生植物の生物多様性を損なわせたと考えられる。

これら達古武沼への人為由来の栄養塩発生源のうち、もっともその動態が不明であったのは、沼南部に形成されている湿地帯(以下、南部湿地帯)を介して存在する大規模農場の栄養塩負荷の動態であった。その南部湿地帯に隣接している農場では、流域で飼育されている家畜の大部分の頭数を飼育しているが、その下流部一帯は複雑な湿原環境であるため、その農場由来の栄養塩類の挙動について不明な部分が多かった。現在は、この施設で排出されるほとんどの家畜排せつ物は、達古武沼流域外へ搬出されていることからその影響は小さいと考えられるが、かつて家畜排せつ物法施行のかなり前にこの南部湿地帯に農場由来の家畜排せつ物を埋めていたという情報もあり、これ由来の栄養塩類が達古武沼へ影響を及ぼしているか否かは、湿地帯の流出経路が複雑であることと調査そのものが困難であったため、これまで未知の領域であった。

とくに、達古武川上流部湿地帯での知見により、通常の陸域であればリンは土壌に吸着トラップされやすいが^{9,10)}、湿地帯での過剰なリンの負荷は湿地帯特有の特性によって水系に移行されやすいことがわかった⁶⁾、この南部湿地帯においても人為的なリンの発生源があるならば、この湿地帯を通して沼ヘリンが供給されている可能性が示唆された。

そこでわれわれは、その農場由来の栄養塩類が南部湿地帯を通して沼に到達しているかを解明するために、2005年度より達古武沼南部湿地帯の踏

査を開始した。しかしながら、沼に近い湿地帯の踏査は危険と労力を要することから、草木が枯れ始め沼水位が低下している秋に、少しずつ湿地帯に入り込んで調査を実施した。本報告では、2005年、2008年および2010年に実施した調査結果を考察し、南部湿地帯における栄養塩の汚染源の解明とその沼への負荷特性について検討を行った結果を簡潔にまとめて報告する。

2. 方 法

2005年、2008年、2010年の調査に係る全地点を一括して図1に示し、各地点の位置の詳細と年度ごとの調査の有無について表1に示した。2005年度は、湿地帯を涵養している水(以下、涵養水あるいは湿地涵養水)の水質と、河川や湖沼の水質とを比較するために、湿地涵養水9地点の他、河川水2地点と湖沼水2地点について調査を実施し

た。調査は、河川水と湖沼水は2005年10/18~19と11/21~22に行い、湿地涵養水においてはこれらの2回の調査に分けて実施した。

2008年度は南部湿地帯内の涵養水の栄養塩濃度分布を詳細に把握する目的で、湿地涵養水23地点で調査を実施した。また、降雨前後の栄養塩濃度分布の差異を比較するため、調査は、晴天時降雨前の2008年10/22~23と降雨直後の10/27で調査を実施した。

2010年度は、汚染源を明らかにするために、涵養水の調査に加えて、それに接している土壤の炭素および窒素安定同位体比の調査も実施した。

表1 達古武沼、達古武川および達古武沼南部湿地帯の調査地点位置(世界測地系)と、調査を行ったその年度(○印はその年度に調査を実施した地点であることを示す。)

地点名	2005年	2008年	2010年
a	N43 05 59.2 E144 29 55.9	○	
b	N43 05 50.8 E144 30 08.5	○	
1	N43 05 47.8 E144 30 02.5	○	○
2	N43 05 50.5 E144 30 08.2		○
3	N43 05 51.0 E144 30 08.8		○
4	N43 05 49.1 E144 30 08.4		○
5	N43 05 48.2 E144 30 09.1	○	○
6	N43 05 49.1 E144 30 13.1	○	○
7	N43 05 50.4 E144 30 09.8		○
8	N43 05 52.1 E144 30 07.0		○
9	N43 05 54.5 E144 30 02.4		○
10	N43 05 56.4 E144 29 57.8		○
11	N43 05 59.3 E144 29 54.3	○	○
12	N43 06 03.5 E144 29 47.6		○
13	N43 06 02.3 E144 29 48.6		○
14	N43 06 00.6 E144 29 47.6	○	○
15	N43 05 56.8 E144 29 46.0		○
16	N43 05 54.3 E144 29 53.3		○
17	N43 05 51.7 E144 29 58.2		○
18	N43 05 54.3 E144 30 13.3		○
19	N43 05 55.3 E144 30 11.0	○	○
20	N43 05 53.1 E144 30 09.8		○
21	N43 05 58.5 E144 30 02.5	○	○
22	N43 06 02.1 E144 30 03.0		○
23	N43 05 59.0 E144 30 11.9		○
36	N43 05 50.6 E144 30 12.8		○
37	N43 05 51.8 E144 30 11.5		○
38	N43 05 53.0 E144 30 13.3		○
51	N43 05 48.9 E144 30 11.9		○
52	N43 05 48.9 E144 30 11.3		○
53	N43 05 48.6 E144 30 10.2		○
L1	N43 06 00.7 E144 29 18.9	○	
L2	N43 05 55.8 E144 29 27.7	○	
T1	N43 05 52.8 E144 30 31.7	○	
T2	N43 06 03.9 E144 29 27.7	○	

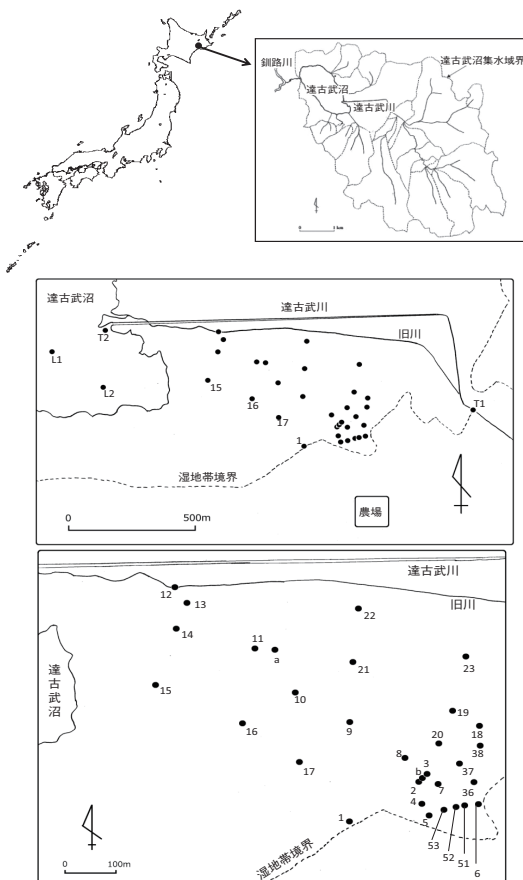


図1 調査地点

河川水の採水は、河川中において取手付きビーカーを使用して直接河川水から採取した。湖沼水の採水は、ボートにて採水地点に向かい、リゴ式採水器を使用し表面の浮遊物を含まないように表層水を採取した。それぞれ採水後、ワットマン GF/F にてろ過を行い原水試料の他にろ液試料も得た。湿地涵養水の採水は、土壌と混合している水あるいは上澄み水を取手付きビーカーですくい、直ちにワットマン GF/F でろ過を行いろ液試料のみを得た。さらに、必要に応じて採水した涵養水に接している土壌を試料として採取した。

河川水、湖沼水、湿地涵養水の採取と同時に、水温、電気伝導度、pH の測定をそれぞれ専用メータにて測定した。

試料は保冷環境で分析室に持ち帰り、直ちに分析を行った。分析項目は、原水試料に対して全窒素(TN)、全リン(TP)、ろ液試料に対して硫酸イオン(SO₄²⁻)、硝酸態窒素(NO₃-N)、亜硝酸態窒素(NO₂-N)、アンモニア態窒素(NH₄-N)、全溶存態窒素(DN)、リン酸態リン(PO₄-P)、全溶存態リン(DP)であり、それぞれ必要に応じて分析を行った。

硫酸イオンはイオンクロマト法にて定量した。硝酸態窒素、亜硝酸態窒素、アンモニア態窒素およびリン酸態リンは、ブランルーベ社製 AACS-II を使用して定量した。全窒素および全溶存態窒

素はアルカリ性過硫酸カリウム分解法にて、硝酸態窒素に分解した後、それを分析し定量した。同様に、全リンおよび全溶存態リンは過硫酸カリウム分解法にて、リン酸態リンに分解した後、それを分析し定量した。

土壌試料は、脱水して乾燥の後ステンレス製乳鉢にて粉碎して、分析に使用するまでデシケーター中で保管した。そして、その保管土壌試料は、元素分析計と安定同位体質量分析計が連結されたサーモサイエンティフィック社製 FLASH 2000-CONFLO IV-DELTA V ADVANTAGE のシステムを使用して、炭素安定同位体比($\delta^{13}\text{C}$)と窒素安定同位体比($\delta^{15}\text{N}$)の測定を行った。

3. 結果と考察

表 2 に、2005 年度における達古武沼、達古武川および南部湿地帯における水質調査結果について示した。

硝酸態窒素濃度について、達古武川 2 地点において 0.07~0.11 mg-N/L 程度の値を示していたが、湖沼水では 0.05 mg-N/L 以下となっていた。アンモニア態窒素においても、河川では <0.05~0.06 mg-N/L 程度含まれていたが、湖沼水では 0.05 mg-N/L 以下となっていた。湖沼水では、これら溶存態無機窒素は植物プランクトン等の消費によって枯渇状態になっていたと考えられる。

表 2 2005 年度調査における達古武沼、達古武川および達古武沼南部湿地帯の水質調査結果

	全水深 m	透明度 m	水温	SO ₄ mg/L	NO ₃ -N mg-N/L	NO ₂ -N mg-N/L	NH ₄ -N mg-N/L	DN mg-N/L	TN mg-N/L	PO ₄ -P mg-N/L	DP mg-N/L	TP mg-N/L	
a	2005/10/19		12.2	2.9	<0.05	<0.005	<0.05	0.35		0.19	0.19		
6	2005/10/19		12.1	21.2	8.33	0.051	0.06	8.60		0.13	0.13		
11	2005/10/19		11.8	0.9	<0.05	<0.005	0.15	0.66		0.47	0.47		
14	2005/10/19		11.5	0.6	<0.05	<0.005	<0.05	0.45		0.016	0.016		
19	2005/10/19		11.4	2.8	<0.05	<0.005	<0.05	0.30		0.035	0.035		
21	2005/10/19		12.0	2.6	<0.05	<0.005	<0.05	0.63		0.023	0.036		
L1	2005/10/18	0.7	全透	13.4	5.1	<0.05	<0.005	<0.05	0.33	0.61	0.025	0.027	0.066
L2	2005/10/18	0.3	全透	14.0	3.2	<0.05	<0.005	<0.05	0.41	0.74	0.018	0.024	0.074
T1	2005/10/19		11.4	6.5	0.07	<0.005	0.06	0.33	0.42	0.044	0.044	0.064	
T2	2005/10/18		10.6	6.3	0.07	<0.005	<0.05	0.34	0.39	0.034	0.034	0.053	
b	2005/11/21		0.9	1.2	<0.05	<0.005	0.08	1.00		9.5	9.5		
1	2005/11/21		0.5	1.2	<0.05	<0.005	1.03	1.58		0.67	0.67		
5	2005/11/21		0.1	12.4	0.07	0.010	0.31	0.63		0.034	0.034		
L1	2005/11/22	0.5	全透	3.1	5.0	<0.05	<0.005	<0.05	0.28	0.57	0.010	0.011	0.045
L2	2005/11/22	0.2	全透	2.9	4.6	<0.05	<0.005	<0.05	0.30	0.76	0.012	0.013	0.059
T1	2005/11/22		2.9	7.2	0.11	<0.005	<0.05	0.31	0.48	0.028	0.028	0.043	
T2	2005/11/22		1.9	6.5	0.10	<0.005	<0.05	0.30	0.45	0.023	0.023	0.044	

全溶存態窒素濃度と溶存無機態窒素濃度(硝酸態窒素、亜硝酸態窒素およびアンモニア態窒素の和)とを比較してみると、湿地涵養水の地点6を除いて、溶存態窒素濃度のほとんどは無機態以外の有機態窒素であることがわかる。その溶存有機態窒素として、達古武川および達古武沼ではともに0.2~0.4mg-N/L程度含まれているが、達古武川上流部湿地帯の知見からそれは腐植物質と関連する成分であって植物プランクトンには不活性な窒素であると考えられ、湖沼水では残存していたと推察される³⁾。

一方、達古武川のリン酸態リン濃度は0.02~0.05mg-P/L程度含まれていた。湖沼水のその濃度はそれよりはやや低いものの0.01mg-P/L以上は存在しており、沼の環境としてリン過剰の水質環境であるといえる。

硫酸イオン濃度に関して、達古武川で6~8mg/L、達古武沼で3~5mg/L、湿地涵養水で0.6~22mg/Lという範囲であった。湿地涵養水では、農地に近い地点6や地点5で高濃度に観測されている一方、農地から離れるに従って河川や湖沼の濃度レベル以下に濃度が低くなっていた。このことは、湿地帯で硫酸イオン濃度が低下する現象が起きていることを示しており、この南部湿地帯において硫酸還元が生じていると考えられる。

湿地涵養水の硝酸態窒素濃度について、地点6で8mg-N/L以上と非常に高い濃度で検出されたが、ほとんどの湿地涵養水では定量限界0.05mg/L以下であった。硫酸還元は、脱窒によって硝酸態窒素が枯渇してから起こりやすい微生物呼吸であることから、この南部湿地帯での硝酸態窒素の消失は脱窒によるものと考えるのが妥当である¹¹⁾。

アンモニア態窒素濃度については、農地に近い地点1で1mg-N/L程度の値が観測されているが、他の湿地涵養水においては達古武川と同様な濃度レベルで観測されており、とくに大きな負荷寄与を有しているとは考えられなかった。

湿地涵養水のリン酸態リン濃度について、0.016~9.5mg-P/Lとほとんどの地点で達古武沼より高い濃度で観測されており、南部湿地帯の涵養水は沼への大きなリン供給源となっていると

推察された。とくに、地点bでは9.5mg-P/Lとスポット的に高濃度で観測されており、このあたりにリンの発生源が存在していると示唆された。

2008年は、湿地帯で脱窒による浄化が考えられた硝酸態窒素と、沼への負荷源となっているリン酸態リンについて、湿地涵養水の詳細な濃度分布の把握と、降雨による挙動を把握するため、降雨前後に湿地帯23地点にて調査を実施した。ちなみに、この調査時期における近隣のアメダス地点「塘路」の気象データによると、10/22以前において5日間降雨は観測されていない。10/22~23の調査の後、10/24から10/26にかけて2回にわたり全61mmの降雨があり¹²⁾、その後、10/27に降雨直後の調査を実施した。

図2に、南部湿地帯涵養水における降雨前後の硝酸態窒素濃度とリン酸態リン濃度の分布について示した。硝酸態窒素濃度は地点6がもっとも高濃度であり、2008年も晴天時で7.8mg-N/Lの高濃度を示していた。ここは、他の地点と異なって弱い流水環境にあることから、そのすぐ上流に農場由来の硝酸態窒素を大量に含む湧水点が存在すると考えられた。降雨後にはその濃度は5.5mg-N/Lとやや低くなっており、降水によって希釈された傾向が見られた。降雨前後の濃度分布を比較してみると、硝酸態窒素の発生源に近い地点6では希釈により濃度は低下しているものの、地点20を中心に地点6に近いエリアで濃度が逆に上昇している地点も見受けられたことから、降雨によって水の移動が大きくなり、より下流部へ拡散していると推察された。しかしながら、達古武川や沼に近いエリアでは降雨前後とも定量下限値0.05mg-N/L以下であった。この程度の降雨であれば、地点6の高濃度の硝酸態窒素の移動範囲はこの程度であり、この先晴天が続くならば、脱窒作用の促進によって川や沼に到達する前に浄化されると考えられる。

一方、リン酸態リンについて、降雨前にもっとも高濃度であったのは地点7の9.9mg-P/Lであり、その近くの地点3で8.4mg-P/L、地点2で7.9mg-P/Lであった。これらの地域はリン濃度が異常に高く発生源と考えられる。そこから、地点8の5.4mg-P/L、地点10の3.5mg-P/Lそして沼に近い地点15でも0.60mg-P/Lと、富栄養湖

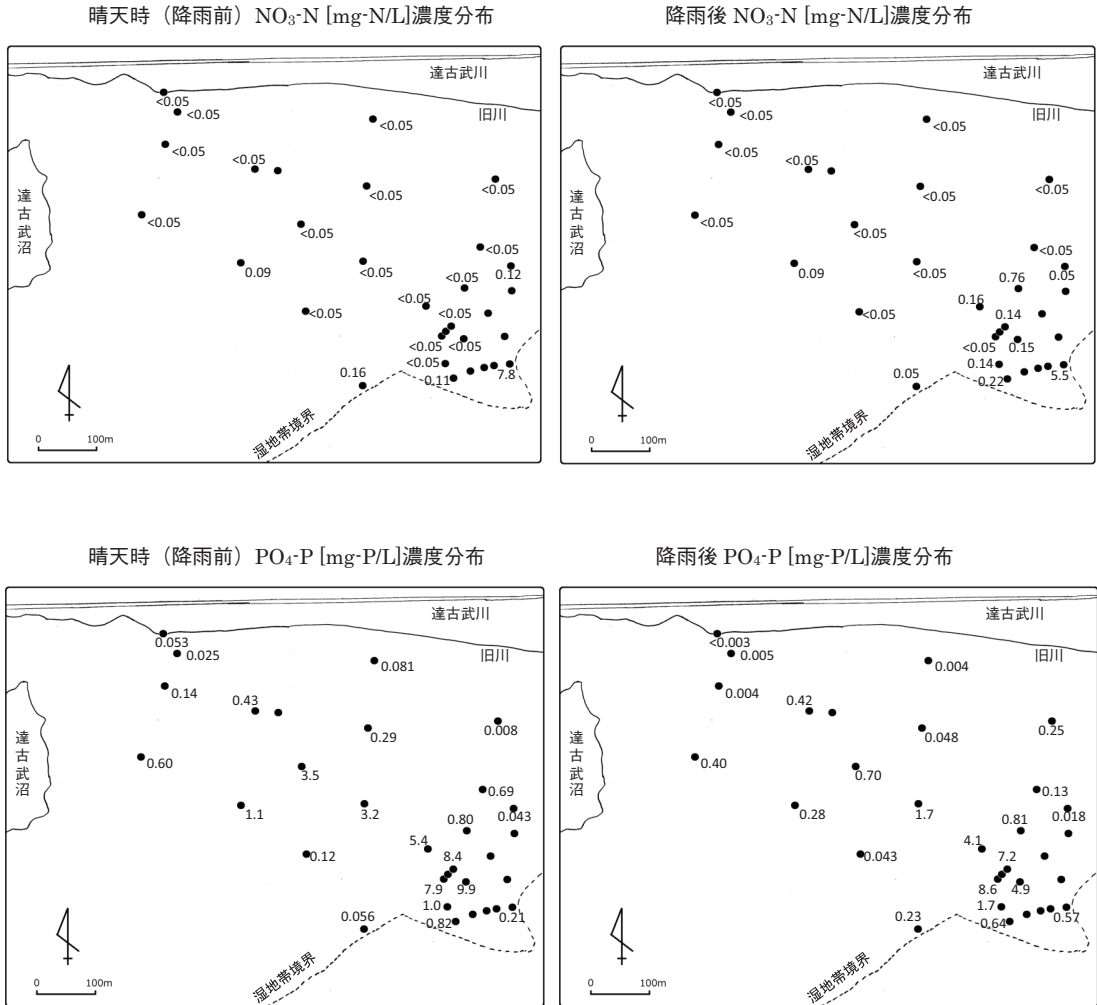


図2 2008年調査における達古武沼南部湿地帯、湿地涵養水の硝酸態窒素およびリン酸態リン濃度の水平分布（降雨前晴天時の2008年10/22～23と降雨後同年10/27における調査結果）

のリン濃度レベルよりはるかに高濃度で存在しており、晴天時においても地点7付近から地点16付近を経由して、リンが沼へ到達していると考えられた。降雨後、地点2, 3, 7の高濃度地域のそれぞれ濃度は上昇したり下降したりしており、地点2で8.6mg-P/Lの高濃度を維持していた。それ以外の地点では、全体的に濃度が減少しており、降水による希釈による影響と考えられた。リン酸態リンの場合、沼の近くの地点でも濃度が高いことから、晴天時においてもすでに沼へゆくりと到達していると考えられるほか、降雨により湿地涵養水の沼への供給が促進されれば、それに

伴ってリンの沼への供給も考えられる。また、さらに沼近くの湿地帯の調査は不可能であったが、降水によって沼の水位が上昇し、沼の水が湿地涵養水と混合するような環境になった時、その後、沼水位が下がるときに湿地涵養水由来のリンが大量に沼へ供給していくと考えられる。

図3に、2010年調査における湿地涵養水のリン酸態リン濃度の分布と、それに接している土壤の窒素安定同位体比($\delta^{15}\text{N}$)の分布について示した。

リン酸態リン濃度について、これまで高濃度であるとわかっていたSta. 2, 3, 7の他に、Sta. 51, 52, 53の濃度も高いことが明らかとなった。Sta.

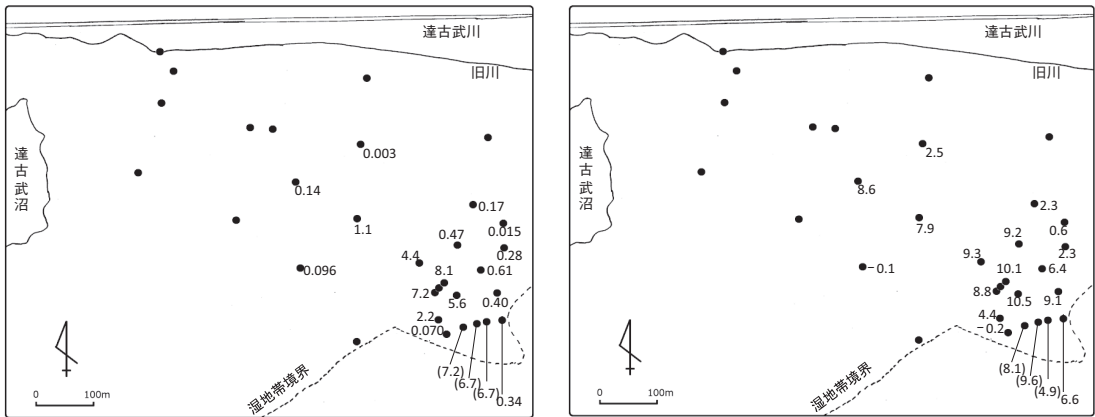


図3 2010年調査における達古武沼南部湿地帯，湿地涵養水のリン酸態リン濃度[mg-P/L]分布(左)と湿地土壌の窒素安定同位体比($\delta^{15}\text{N}$ 値[‰])の分布(右)
 なお、()内の数字は2010年10/19の調査結果を示し、それ以外は同年9/29の調査結果を示す。

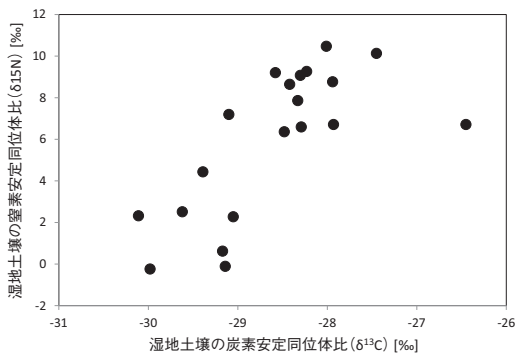


図4 2010年調査における達古武沼南部湿地帯，湿地土壌の炭素安定同位体比($\delta^{13}\text{C}$ 値)と窒素安定同位体比($\delta^{15}\text{N}$ 値)の関係

51, 52, 53は、より道路や農場に近い場所であり、人為的な影響を受けて Sta. 2, 3, 7 の高濃度エリアとともに、この湿地帯のリン酸態リンの発生源といえる。

湿地帯土壌の $\delta^{15}\text{N}$ 値について、 $-0.2\sim 10.5\%$ の範囲で観測された。とくに、農場に近いエリアと地点 8, 9 に向かって高い値で観測され、このことは、かつて家畜排せつ物法施行のかなり前に南部湿地帯に家畜排せつ物を埋めたという情報を科学的に裏付けるものとなった。

図4に2010年調査における湿地帯土壌の炭素安定同位体比 $\delta^{13}\text{C}$ 値と窒素安定同位体比 $\delta^{15}\text{N}$ 値の関係について示した。その結果、 $\delta^{13}\text{C}$ 値と $\delta^{15}\text{N}$

値の間には概略右上がりの分布が見られた。同じ釧路湿原湖沼である塘路湖の知見から、家畜排せつ物を含む牧場由来の有機物の $\delta^{15}\text{N}$ 値は10‰近くまで大きくなり、その $\delta^{13}\text{C}$ 値は -27% 付近で観測されることが知られている。一方、人為発生源のない湿地帯の土壌は、湿潤環境によって $\delta^{13}\text{C}$ 値が小さくなり -30% 付近で観測され、その $\delta^{15}\text{N}$ 値は主として大気降水物起源の窒素を利用した植物に由来することから $0\sim 2\%$ 前後と小さくなるのがわかっている¹³⁾。これらのことから考えると、この南部湿地帯の土壌は、もともと存在していた湿原植物由来の有機物と家畜排せつ物由来の有機物の混合によって形成されたと考えられる。すなわち、農場近くに埋め立てられた家畜排せつ物の事実があって、その後、その由来の一部粒子が水の動きとともに徐々に湿地帯広域に拡散していったと推察することができる。

図5に、2010年調査における南部湿地帯の土壌の $\delta^{15}\text{N}$ 値と、その土壌に接している涵養水のリン酸態リン濃度の関係について示した。リン酸態リン濃度が高い地点の土壌は、 $\delta^{15}\text{N}$ 値の大きな土壌に限定されていた。このことから、家畜排せつ物由来の有機物の影響を大きく受けている土壌と接している涵養水では、条件によって高濃度のリンが溶出しやすいことが推察され、南部湿地帯のリンの発生源は、過去に埋め立てられた家畜排せつ物に起因すると考えられた。

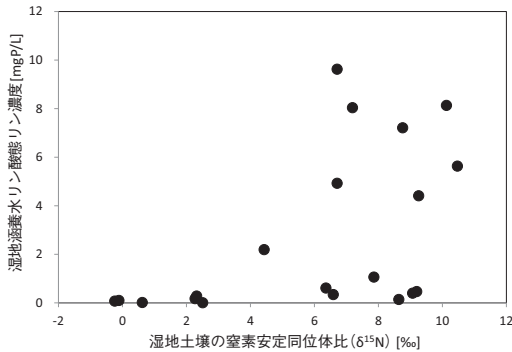


図5 2010年調査における達古武沼南部湿地帯，湿地土壌の窒素安定同位体比(δ¹⁵N 値)とそれに接している涵養水のリン酸態リン濃度の関係

以上のことから，過去に南部湿地帯に埋め立てられた家畜排せつ物から，還元環境になりやすい湿地帯で水系にリンが溶出し，達古武川上流部湿地帯のリンの環境特性と同様に，水の動きに伴って容易にリンが沼へ到達していくものと考えられた。一方，窒素については，還元環境になりやすい状況下で，脱窒作用によって，たとえ高濃度の硝酸態窒素の湧水が存在していたとしても，河川や沼へはそう簡単には到達しないことがわかった。

本研究によって，南部湿地帯に過去に埋められた人為的栄養塩発生源のエリアが特定され，達古武沼への負荷源の一つになっていることが明らかとなった。達古武沼の水生植物の生物多様性の保全再生のためには，この南部湿地帯のリン発生源である土壌の撤去が必要である。具体的には，今後その土壌の除去作業が行われることとなっており，徐々に達古武沼の栄養レベルが改善されていくと考えられる。

謝辞 本調査研究を遂行するにあたり，環境省釧路自然環境事務所の皆様にはたいへんお世話になりました。また，(株)ズコーシャおよびいであ(株)の皆様には，現地調査でご協力をいただきました。記して謝意を表します。

—引用文献—

- 1) 中村太士：釧路湿原達古武沼の自然再生に向けて。陸水学雑誌，**68**，61-63，2007
- 2) 北海道環境科学研究センター：北海道の湖沼改訂版，105-107，2005
- 3) 三上英敏，石川靖，上野洋一：達古武沼における釧路川からの逆流量の観測。北海道環境科学研究センター所報，**31**，104-106，2004
- 4) Takamura, N., Y. Kadono, M. Fukushima, M. Nakagawa and B. H. Kim: Effects of aquatic macrophytes on water quality and phytoplankton communities in shallow lakes. Ecological Research, **18**, 381-395, 2001
- 5) 環境省釧路自然環境事務所，いであ株式会社：平成21年度釧路湿原東部湖沼自然環境調査業務報告書，2010
- 6) 三上英敏，石川靖，上野洋一：達古武川上流部湿地帯における水質環境特性。陸水学雑誌，**68**，65-80，2007
- 7) Mikami H., S. Hino, K. Sakata and J. Arisue: Variations in environmental factors and their effects on biological characteristics of meromictic Lake Abashiri. Limnology, **3**, 97-105, 2002
- 8) Tezuka Y.: Phosphorus as possible factor stimulating the appearance of Anabaena bloom in the south basin of Lake Biwa. Japan Journal Limnology, **49**, 201-204, 1995
- 9) 駒井幸雄：森林集水域におけるリンの収支と流出特性。水環境学会誌，**27**，591-594，2004
- 10) 三上英敏，藤田隆男，坂田康一：酪農地帯，風連湖流域河川の水質特性。北海道環境科学研究センター所報，**34**，19-40，2007
- 11) Lampart, W. and U. Sommer: Limnology, 94-96, Oxford University Press, USA, 1996
- 12) 気象庁：気象統計情報，過去の気象データの検索 http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php?prec_no=19&block_no=1403&year=&month=&day=&view=
- 13) 北海道環境科学研究センター，北海道立水産孵化場，北海道立衛生研究所，山形大学理学部：塘路湖における環境保全と漁獲の安定化に関する研究，北海道平成11～13年度重点領域特別研究報告書，2002